

## 제주 차귀도 연안해역의 종속영양세균 분포 및 이화학적 특성

문 영 건 · 여 인 규 · 허 문 수\*

제주대학교 해양과학대학 수산생명의학과

## Distribution of Heterotrophic Bacteria and Physico-Chemical Characteristics in the Chagwi-Do Coastal Waters, Jeju Island

Young-Gun Moon, In-kyu Yeo and Moon-Soo Heo\*

Department of Aquatic Life Medicine, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

**Abstract** – To investigate the variations of physico-chemical factors and microbial population, in ten stations at water region of coastal area of Chagwi-Do, Nutritive salts, water temperature, transparency, suspended solid, salinity, COD, DO, pH, heterotrophic bacteria, were analysed three times in September, November in 2004 and February in 2005. Heterotrophic bacteria in surface water was  $3.5 \times 10^1 \sim 1.16 \times 10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $0.4 \times 10^1 \sim 5.6 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $0.4 \times 10^1 \sim 7.8 \times 10^1$  and bottom water counted  $4.5 \times 10^1 \sim 1.0 \times 10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $1.2 \times 10^1 \sim 1.5 \times 10^2$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $0.4 \times 10^1 \sim 4.4 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup> in September, November 2004 and February 2005, respectively. The dominant species isolated from the coastal area of Chagwi-Do were identified to be *Vibrio* spp., *Pseudoalteromonas* spp., *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Alteromonas* spp., *Aeromonas* spp., *Psychrobacter* spp., and *Flavobacterium* spp.

**Key words** : Heterotrophic bacteria, COD, surface water, bottom water, Chagwi-Do

### 서 론

해양 미생물 군집은 해양 생태계에 있어서 생산자와 분해자의 기능을 동시에 가지고 있다. 즉, 미생물은 먹이 연쇄를 통하여 동물플랑크톤에 의한 2차 또는 고차 생산물 생산에 기여함과 동시에 그 대사활동을 통해서 탄수화물, 단백질 등의 고분자 유기물들의 단계적 분해를 통해 무기영양물질을 물질순환계로 순환시킴으로써 무기질화 된 최종생산물은 해양 생물의 동화, 이화 작용에 이용할 수 있게 한다 (Bolter 1982; 이 등 2001). 이외에도 미생물은 광·화합성 작용에 의한 1차 생산자 및 각

종 질병에 매체가 되기도 한다. 이와 같은 특성 때문에 미생물들은 수 환경에 유입되는 각종 오염물질에 민감하게 반응한다 (Brock 1997).

해양 생태계에 있어서 미생물 군집 중 세균의 동적관계를 검토하기 위해 Ishida and Kadoda (1979)는 유기물로 오염된 Osaka만의 해수세균에 관한 생태학적 연구에 대해, Simidu *et al.* (1977)는 부영양화 된 동경만의 세균상에 대해, Shin *et al.* (1992)는 가막만의 세균 군집, coliform, *Vibrio* spp., *Salmonella*의 계절적 변동에 대해, Choi (1995)는 복신만의 대장균군 및 해양세균의 분포에 대한 조사 등 많은 연구가 행해져 왔다. 그리고 해양 미생물의 성장과 증식은 여러 물리, 화학적인 환경요인에 의해 영향을 받는다. Wimpenny *et al.* (1983)과 Novitsky (1983)는 미생물의 종류와 군집의 크기는 물리·화학적

\* Corresponding author: Moon-Soo Heo, Tel. 064-754-3473, Fax. 064-756-3493, E-mail. msheo@cheju.ac.kr

환경에 지배되며 미생물의 분포를 알기 위해서는 환경 요인을 검토하여야 한다고 하였다. 성장에 적절한 수치 보다 높거나 낮은 온도, pH 및 염류의 농도 등은 대사와 정과 세포의 형태, 증식에 지대한 영향을 미쳐서 간균이 구균 또는 사상형으로 변형되거나, 비정상적인 세포분열이 이루어지며, 돌연변이를 유도하기도 하고 효소 생산의 변화 등으로 물질 분해 능력이 증가되거나 저해되기도 한다. 특히, pH, 온도(Kirchman and Rich 1997), 유기물의 종류와 농도(Carlsan and Ducklow 1996), 무기영양물질(Thingstad *et al.* 1997)등의 중요한 역할을 하며 특정 환경에서 생명체의 존재가능성까지 제한하기도 한다. 해양생태계의 물리·화학적 환경요인의 변화는 총 세균 수, 세균 체적, 세균 생물량 등과 같은 미생물학적 요인과 높은 상관관계를 보인다(김과 이 1998). 그러므로 해양생태계를 보다 잘 이해하기 위해서는 미생물 군집의 분포를 조사할 필요가 있다.

본 연구에서는 제주도 바다 목장화 사업으로 선정되었던 제주 차귀도 연안 해역의 10개 정점에 표층수와 저층수에서 2004년 9월, 11월, 2005년 2월의 호기성 중속영양세균의 개체수를 측정하고 우점 종조성을 조사하여 해양생태계에서 계절에 따른 분해자의 변동 추이를 비교, 분석하고, 용존산소량(Dissolved Oxygen), 화학적 산소요구량(Chemical Oxygen Demand) 및 부유물질(Suspended Solids) 그리고 총 무기질소 등의 이화학적 특성을 계절별로 조사함으로써 이 해역의 생물학적 수질변동과 향후 차귀도 연안 해역의 생태계 변화를 예측하는 기초 자료로 활용하는데 목적을 두고자 한다.

**재료 및 방법**

**1. 조사 시기 및 조사 정점**

본 연구에서 현장조사 및 시료채취는 2004년도에는 9월, 11월 2005년도에는 2월에 실시하였으며, 조사 해역은 제주도 제주시 환경면 고산리에 위치한 차귀도 연안 해역으로 정하였으며 조사 정점은 Fig. 1에 나타내었듯이 총 10개의 정점을 선택하여 각 정점의 표층과 저층에서 해수시료 채취하였다. 각 시료의 채수 해역의 GPS 위치는 Table 1과 같다.

**2. 시료채취**

해수 시료의 채취에는 Niskin water sampler를 이용하였으며, 표층수 시료는 표층 수심 1m 사이에서, 저층수 시료는 저층 1m 상층에서 채수하였다. 각각 채수된 시

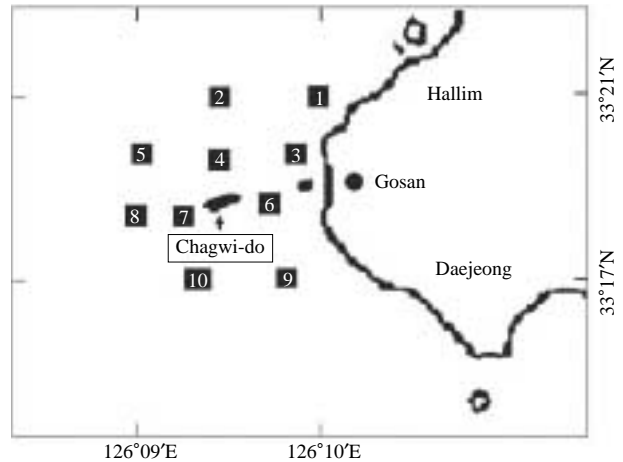


Fig. 1. Location of the sampling stations. Chagwi-Do, Jeju Island.

Table 1. Latitude, longitude of sampling stations in Chagwi-Do, Jeju Island

Station	Longitude	Latitude
1	33°21'10"N	126°10'30"E
2	33°21'10"N	126°08'50"E
3	33°19'45"N	126°09'30"E
4	33°19'45"N	126°08'40"E
5	33°19'45"N	126°07'40"E
6	33°18'30"N	126°09'30"E
7	33°18'30"N	126°08'20"E
8	33°18'30"N	126°07'40"E
9	33°17'40"N	126°09'30"E
10	33°17'40"N	126°08'20"E

료는 멸균된 1L 채수병에 담아 4°C를 유지하면서 실험실로 운반한 후 즉시 중속영양세균의 개체수를 측정하는 실험을 실시하였다.

**3. 이화학적 특성 조사**

수온 및 염분, pH는 YSI 600QS를 이용하여 현장에서 측정하였으며, 용존산소(DO)는 현장에서 DO meter를 사용하여 측정하는 방법과 산소병에 고정하여 실험실로 옮긴 후 Winkler-Azide 방법을 병행하여 측정하였다(APHA, AWWA, WPCF 1993). 화학적 산소요구량(COD)은 Carberg (1972)방법에 따라 분석하였다. 그리고 총질소(T-N)는 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub>-N), 질산성 질소(NO<sub>3</sub>-N), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub>-N)의 합으로 나타냈고, 측정방법은 Strickland and Parson (1972) 및 환경오염공정시험방법(환경부 1995)에 따라 분석하였다. 또한 인산염인(PO<sub>4</sub>-P)과 부유물질(SS) 측정도 위 방법에 의해 분석하였다. 투명도는 Secchi disk를 이용하여 현장에서 측정하였다.

#### 4. 종속영양세균의 개체수 측정

각 정점의 표층수 및 저층수에 분포하는 종속영양세균의 생균수를 측정하기 위해 준비된 비브리오 선택배지를 제외한 배지와 희석용액은 고압멸균기에서 121°C, 15분간 멸균하여 사용하였다. 채수된 해수시료는 김과이의 방법(1998)에 따라 제조한 희석용액(해수무기염용액)으로 단계별 희석한 후 종속영양세균은 Marine Agar (MA: Difco)배지에 0.1 mL씩 분주·도말하고, 15±2°C에서 3~5일간 배양한 후 배지상에 출현한 집락수(colony forming unit: cfu)를 평판계수법(Cappuccino and Sherman 1987)에 따라 계수하였다. 세균수 계측실험은 3배수로 실시하여 평균값으로 결과를 제시하였다.

#### 5. 종속영양세균 군집에 종조성

2004년 9월, 11월, 2005년 2월의 표층수 및 저층수로부터 종속영양세균의 개체수를 측정한 평판배지에서 colony를 선별하여 순수분리한 후 그람염색 및 형태적인 특성을 파악한 뒤 16S rRNA 염기서열분석을 통하여 각 균주를 분석하였다. 종속영양세균 군집에 종조성을 분석하기 위하여 분리되어진 균은 1.5% NaCl이 첨가된 Marine broth (Difco, USA) 배지 5 mL에 접종하여 Shaking incubator를 이용하여 15±2°C에서 200 g으로 24시간 배양한 배양액을 1.5 mL microcentrifuge tube로 옮겨서 16,000 g에서 1분간 원심분리하여 상등액을 제거한 후 모아진 bacteria pellet을 수집하여 Wizard® Genomic DNA Purification Kit (Promega, USA)을 사용하여 genomic DNA를 분리 한 후, UnicamUV/VIS Spectrophotometer (Helios β. Unicam Ltd, United Kingdom)를 사용하여 파장 260 nm에서 DNA농도를 측정하였다. PCR 반응은 bacterial genomic DNA 100 ng, 1 μM에 universal primer pairs (27F forward primer, 1522R reverse primer), 10 mM dNTPs, 10X PCR buffer, 5 Unit Taq polymerase (TAKARA, Japan) 혼합액에 멸균된 증류수를 첨가하여 최종부피를 50 μL로 맞추고, PTC-150 Minicycler (MJ Research)를 사용하여 증폭하였다. PCR 증폭 과정은 94°C pre-denaturation 2분, 94°C denaturation 45초, 55°C annealing 45초, 72°C extension 1분의 반응을 29회 동안 수행하였고, 마지막 72°C에서 5분간 extension을 실시하였다. 증폭된 PCR 반응 산물은 (주)마크로젠사에 의뢰하여 direct sequencing하였다. 분석된 염기서열은 NCBI (National Center for Biotechnology Information)의 염기서열 분석 프로그램인 BLASTN programs 이용하여 분리되어진 미생물을 분석, 동정하였다.

**Table 2.** Seasonal mean values of physico-chemical parameters in Chagwi-Do, Jeju Island

Parameters	2004. 9		2004. 11		2005. 2	
	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	Bottom
Tem. (°C) <sup>a</sup>	23.2	20.1	21.2	20.91	14.2	14.1
pH	8.27	8.27	8.29	8.26	8.1	8.1
Salinity (‰)	31.05	32.13	33.27	33.38	34.78	34.77
Trans. (m) <sup>b</sup>	11.5		10.6		7.1	
DO (mg L <sup>-1</sup> )	7.59	7.54	7.61	6.84	8.2	8.24
COD (mg L <sup>-1</sup> )	0.71	1.34	0.76	1.35	0.45	0.24
SS (mg L <sup>-1</sup> )	8.85	12.34	8.97	11.17	19.39	19.66
TIN (mg L <sup>-1</sup> )	5.342	9.206	0.065	0.704	0.108	0.081
T-P (mg L <sup>-1</sup> )	0.144	0.483	0.012	0.017	0.008	0.008

<sup>a</sup>: temperature, <sup>b</sup>: transparency

## 결과 및 고찰

### 1. 차귀도 연안해역의 이화학적 특성

차귀도 연안해역을 10개의 정점으로 나누어 2004년 9월부터 2005년 2월까지 이화학적 특성을 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 수온의 측정값은 2004년 9월인 경우 표층은 최대 25.3°C, 최소 21.4°C, 평균 23.2°C이었으며, 저층은 22.3~16.8°C, 평균 20.1°C를 나타냈다. 11월은 표층은 21.6~20.8°C, 평균 21.2°C였고, 저층은 21.1~20.6°C, 평균 20.9°C로 나타났다. 2005년 2월인 경우는 표층은 14.4~13.9°C, 평균 14.2°C고, 저층은 14.3~13.9°C, 평균 14.1°C로 조사 되었다. pH는 평균적으로 8.1~8.29로 조사되었고 모든 정점에서 약 염기성 pH를 보이고 있었다. 염분농도는 일반적으로 담수의 유입 정도와 강우량, 증발량 등의 영향을 받는다. 평균적인 해수의 염분농도는 32.5~34.3‰ 정도인데, 조사결과 2004년 9월인 경우 최소 염분농도가 30.20‰이고 최대 32.80‰인 반면 2005년 2월인 경우 최소 염분농도가 34.50‰이고 최대 염분농도는 34.90‰로 조사되었는데 이는 제주도 겨울철 강우량 및 증발량이 적어 여름철인 9월보다 전체적인 염분 농도가 높게 나타나는 것으로 보인다. 한편, DO의 경우는 2004년 9월 표층 평균값 7.59 mg L<sup>-1</sup>, 저층 평균값은 7.54 mg L<sup>-1</sup>, 11월은 표층 7.61 mg L<sup>-1</sup>, 저층 7.21 mg L<sup>-1</sup>, 2005년 2월은 표층 8.2 mg L<sup>-1</sup>, 저층은 8.24 mg L<sup>-1</sup>로 조사되었다. 해역별 수질기준으로 보았을 때 차귀도 연안 해역 DO는 I등급 수질환경 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 화학적 산소요구량(COD)은 BOD와 더불어 주로 유기물질의 농도를 간접적으로 나타내는 지표이다. 일반적으로 KMnO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>와 같은 산화제를 이용하여 수중의 피산화물을 이용하여 산소량을 나타내는 것으로 해수 같이 무기물질을 함유하고 있

을 경우 BOD 측정이 불가능할 경우 COD를 측정한다. 2004년 9월, 11월 그리고 2005년 2월 총 3차례에 걸쳐 차귀도 연안해역의 COD를 조사한 결과 10개의 정점 표층수의 평균값은  $0.64 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층은  $0.97 \text{ mg L}^{-1}$ 로 조사되어 해역별 수질기준 COD 기준에서 보았을 때 I등급 수질환경 기준을 만족하는 결과이다. 그리고 수중의 용존 물질이나 현탁입자(세균이나 플랑크톤을 포함하는 미립자로 이루어진 유기물질)들을 부유물질(SS)이라 하는데 이들은 어폐류의 호흡을 방해하고, 물의 투명도를 저하시켜 광합성을 방해함으로써 수중의 광합성생물의 기초 생산력을 저하시키는 원인으로 작용한다. 3차례에 걸쳐 조사결과 2004년 9월 표층의 SS 평균값은  $8.85 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층  $10.03 \text{ mg L}^{-1}$ , 11월 표층  $8.97 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층  $10.07 \text{ mg L}^{-1}$ , 2005년 2월 표층  $10.01 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층  $11.90 \text{ mg L}^{-1}$ 로 조사되었다. 해역 수질 환경기준 I등급 즉 수산생물 서식, 양식 및 산란에 적합한 수질 기준으로 부유물질은  $10 \text{ mg L}^{-1}$ 로 규정되어 있는데, 본 연구에서 조사된 10개 정점 표층과 저층의 평균값이 I등급 기준으로 조사되었다. 총 질소는 인과 함께 하천과 바다에 존재하는 생물체를 성장시키는 필수 영양소로 작용할 뿐만 아니라 과다한 양이 존재할 경우 생물체의 대량생장을 일으켜 수질을 악화시킨다. 해수에서 총 질소는 암모니아성 질소( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), 질산성 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), 아질산성 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ )의 합으로 나타내는데, 주로 암모니아성 질소와 질산성 질소가 대부분을 차지한다. 조사결과를 보면 총질소의 평균값은 2004년 9월 표층  $0.273 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층  $0.285 \text{ mg L}^{-1}$ , 11월 표층  $0.184 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층  $0.106 \text{ mg L}^{-1}$ , 2005년 2월 표층  $0.091 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층  $0.081 \text{ mg L}^{-1}$ 이다. 총 질소에 따른 해역의 수질 기준에 따르면 I등급 기준을 상회하는 결과이다. 해수의 인산염 인 농도는 해양에 존재하는 생물체의 생산력을 제한하는 인자로 작용하는데 저 농도의 경우 플랑크톤 수의 증가를 억제함으로써 바다의 생산력을 제한하는 것으로 알려져 있다. 차귀도 연안해역의 인산염 인 평균값은 2004년 9월 표층  $0.036 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층  $0.053 \text{ mg L}^{-1}$ , 11월 표층  $0.012 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층  $0.017 \text{ mg L}^{-1}$ , 2005년 2월 표층  $0.008 \text{ mg L}^{-1}$ , 저층  $0.008 \text{ mg L}^{-1}$ 로 조사되어 I등급 수질 기준을 나타냈다.

2. 종속영양세균의 개체수

수환경내의 종속영양세균은 해당 수역내의 유기물 양과 아주 밀접한 상관관계를 가지고 있다. 과량의 유기물이 유입되면 일시적으로 종속영양세균의 밀도가 급증하게 되어 순간적인 조류의 번식과 더불어 용존산소의 양이 줄어들어 심각한 혐기적 상태를 일으킬 수가 있다

(Brock 1997). 2004년 9, 11월 그리고 2005년 2월 제주 차귀도 연안해역 10개 정점의 표층수와 저층수에서 각각 분리한 종속영양세균의 개체수는 Figs. 2, 3, 4에 나타

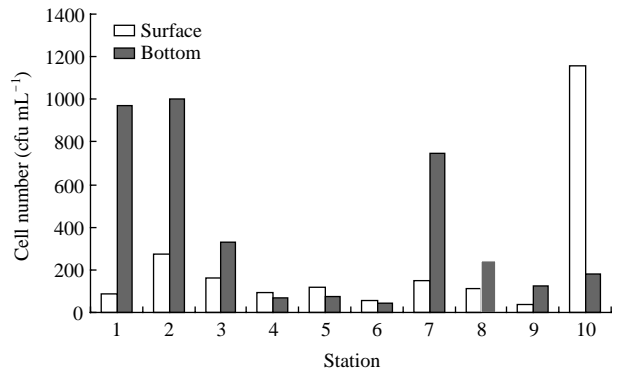


Fig. 2. Cell number of heterotrophic bacteria isolated in the Chagwi-Do of Jeju Island coastal waters in September 2004.

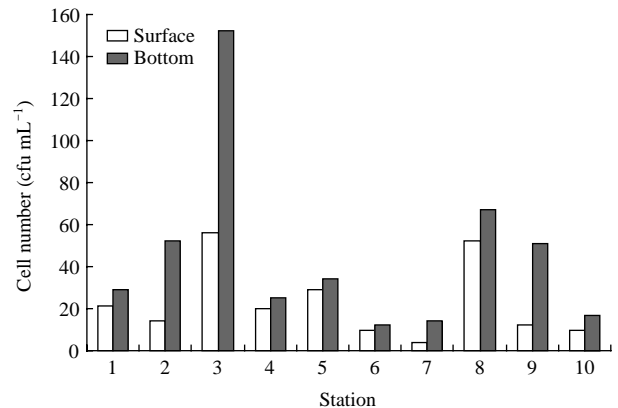


Fig. 3. Cell number of heterotrophic bacteria isolated in the Chagwi-Do of Jeju Island coastal waters in November 2004.

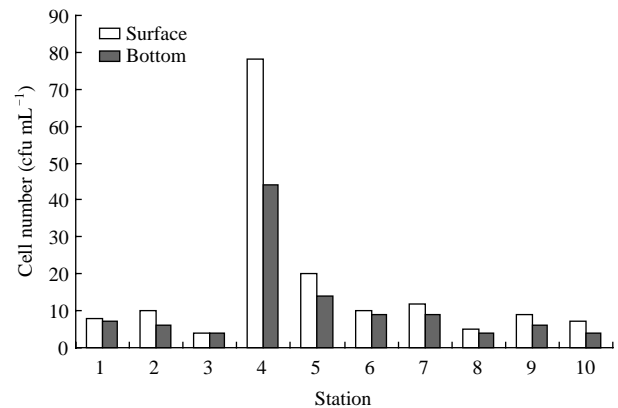


Fig. 4. Cell number of heterotrophic bacteria isolated in the Chagwi-Do of Jeju-Island coastal waters in February 2005.

내었다.

2004년 9월 차귀도 연안해역 표층수의 종속영양세균의 개체수는  $3.5 \times 10^1 \sim 1.16 \times 10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>, 저층수의 개체수는  $4.5 \times 10^1 \sim 1.0 \times 10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>의 분포를 보였다. 2004년 11월 표층수 개체수는  $0.4 \times 10^1 \sim 5.6 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup>, 저층수의 개체수는  $1.2 \times 10^1 \sim 1.5 \times 10^2$  cfu mL<sup>-1</sup>였다. 2005년 2월 표층수의 종속영양세균 수는  $0.4 \times 10^1 \sim 7.8 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup>, 저층수는  $0.2 \times 10^1 \sim 4.4 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup>로 조사되었다. 11월과 2월의 종속영양세균에 개체수는 가을과 겨울철의 기온 강하에 따른 일교차의 영향으로 9월보다 적은 개체수가 검출되었다.

2004년 11월과 2005년 2월의 종속영양세균수가 2004년 9월보다 더 감소된 것은 계절적 변화에 따른 수온의 변화에 따른 것으로 사료되며, 김 등(2000) 또한, 강진만 생태계에서 계절적 변화에 따른 종속영양 세균 수 변화에서도 수온과 상관성을 보인다고 보고한 바 있다. 종속영양세균의 개체수에 의한 수서환경의 영양화 정도를 비교함에 있어서 개체수가 10<sup>2</sup> cfu mL<sup>-1</sup> 이하이면 빈영양역, 10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup> cfu mL<sup>-1</sup>이면 부영양역, 10<sup>4</sup>~10<sup>5</sup> cfu mL<sup>-1</sup> 이면 과영양역 그리고 10<sup>5</sup> cfu mL<sup>-1</sup> 이상이면 폐수역으로 구분한다. 하 등(1978)의 기준에 따르면 제주 차귀도 연안 해역은 2004년 9월 표층수와 저층수에서 각각  $3.5 \times 10^1 \sim 1.16 \times 10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $4.5 \times 10^1 \sim 1.0 \times 10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>의 개체수가 측정되어 빈영양역과 부영양역 중간 수역에 속하며, 2004년 11월의 표층수와 저층수는 각각  $0.4 \times 10^1 \sim 5.6 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $1.2 \times 10^1 \sim 1.5 \times 10^2$  cfu mL<sup>-1</sup>로 빈영양역 수역에 속한다. 그리고 2005년 2월 표층수와 저층수는 각각  $0.4 \times 10^1 \sim 7.8 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $0.4 \times 10^1 \sim 4.4 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup>로 11월과 같은 빈영양화 수역으로 구분할 수가 있다.

### 3. 종속영양세균 군집에 종조성

2004년 9월, 11월, 2005년 2월 각 정점별로 표층수와 저층수에서 분리된 세균의 colony를 선별하여 순수분리를 하여 표층수에서 100균주 그리고 저층수에서 70균주를 순수 분리하여 16S rRNA 염기서열 분석을 통하여 종속영양세균 군집에 종조성을 분석하였다.

그 결과 표층수에서는 *Vibrio* spp. (41균주, 41%)와 *Pseudoalteromonas* spp. (36균주, 36%), *Pseudomonas* spp. (9균주, 9%), *Bacillus* spp. (4균주, 4%), *Alteromonas* spp. (3균주, 3%), *Aeromonas* spp. (3균주, 3%), *Psychrobacter* spp. (2균주, 2%), *Flavobacterium* spp. (1균주, 1%) 순으로 나타났다(Fig. 5). 표층수에서 우점종으로 나타난 종속영양세균은 *Vibrio* spp.와 *Pseudoalteromonas* spp.이었다.

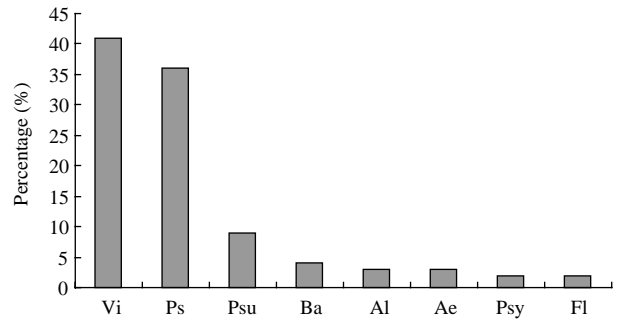


Fig. 5. Appearance rate of heterotrophic bacteria isolated of the surface water in the Chagwi-Do of Jeju Island coastal waters. Vi: *Vibrio* spp., Ps: *Pseudoalteromonas* spp., Psu: *Pseudomonas* spp., Ba: *Bacillus* spp., Al: *Alteromonas* spp., Ae: *Aeromonas* spp., Psy: *Psychrobacter* spp., Fl: *Flavobacterium* spp.

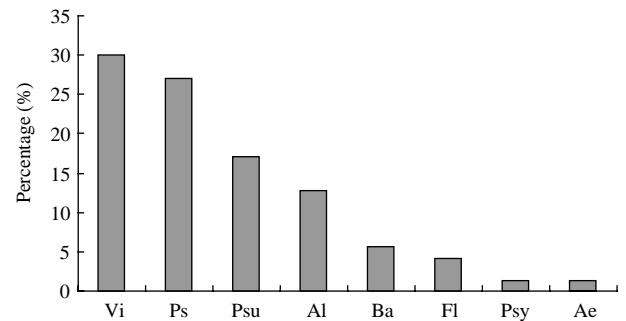


Fig. 6. Appearance rate of heterotrophic bacteria isolated of the bottom water in the Chagwi-Do of Jeju Island coastal waters. Vi: *Vibrio* spp., Ps: *Pseudoalteromonas* spp., Psu: *Pseudomonas* spp., Ba: *Bacillus* spp., Al: *Alteromonas* spp., Ae: *Aeromonas* spp., Psy: *Psychrobacter* spp., Fl: *Flavobacterium* spp.

저층수에서는 *Vibrio* spp. (21균주, 30%)와 *Pseudoalteromonas* spp. (19균주, 27.1%), *Pseudomonas* spp. (12균주, 17.1%), *Alteromonas* spp. (9균주, 12.8%), *Bacillus* spp. (4균주, 5.7%), *Flavobacterium* spp. (3균주, 4.2%), *Psychrobacter* spp. (1균주, 1.4%), *Aeromonas* spp. (1균주, 1.4%) 순으로 나타났다(Fig. 6). 저층수에서도 표층수와 마찬가지로 우점종으로 나타난 종속영양세균은 *Vibrio* spp.와 *Pseudoalteromonas* spp.이었다.

## 적 요

2004년 9월, 11월 그리고 2005년 2월 총 3회에 걸쳐 제주 차귀도 연안해역 10개 정점 표층수와 저층수에서 종속영양세균의 개체수를 조사하였고, 또한 해당 해역

수질의 이화학적 특성을 조사하였다. 2004년 9월, 11월 그리고 2005년 2월에 중속영양세균의 수는 각각 표층수에서는  $3.5 \times 10^1 \sim 1.16 \times 10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $0.4 \times 10^1 \sim 5.6 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $0.4 \times 10^1 \sim 7.8 \times 10^1$  그리고 저층수에서는  $4.5 \times 10^1 \sim 1.0 \times 10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $1.2 \times 10^1 \sim 1.5 \times 10^2$  cfu mL<sup>-1</sup>,  $0.4 \times 10^1 \sim 4.4 \times 10^1$  cfu mL<sup>-1</sup>가 검출되었다. 또한 조사해역의 수온, pH, 염분 및 COD, DO, 총 인, 총 질소, 투명도 그리고 부유물질을 분석하여 보았는데 수온이 높은 2004년 9월에 그 수치가 조금 높았을 뿐 해역수질 환경기준에 있어 1등급에 만족하는 결과가 나타났다.

2004년 9월, 11월, 2005년 2월 각 정점별 표층수와 저층수에서 우점적으로 자란 colony를 순수 분리하여 16S rRNA 염기서열 분석을 통하여 중속영양세균의 우점종을 비롯한 중속영양세균 군집을 분석한 결과 표층수와 저층수에서 *Vibrio* spp.와 *Pseudoalteromonas* spp.가 우점종으로 나타났으며 그 외에 *Psuedomonas* spp., *Bacillus* spp., *Alteromonas* spp., *Aeromonas* spp., *Psychrobacter* spp., *Flavobacterium* spp.가 조사되었다.

## 사 사

본 논문은 2005년도 북제주 해역의 바다목장화 사업에 의해 지원되었음.

## 참 고 문 헌

- 김기성, 이우범, 주현수, 이제철, 조재위, 전순배, 이성우, 박종천. 2000. 강진만 생태계에서의 이화학적 특성과 미생물 군집의 계절적 분포. *Korean J. Microbio.* 36(4):285-291.
- 김상진, 이건형. 1998. 해양미생물학. 동화기술.
- 김영만. 1993. 어패류의 비브리오패혈증 균 오염과 그 대책. *한국식품위생안전성학회*, 8(2):13-21.
- 이원재, 성희경, 김무찬, 박영태, 신희재. 2001. 해양미생물학. 월드사이언스
- 최종덕, 정우건. 2001. 통영 항 해수의 세균학적 및 이화학적 수질. *J. Korean Fish. Soc.* 34(6):611-616.
- 하영철. 1978. 진해만 해양기초보고서. 서울대학교 미생물학과.
- 환경부. 1995. 환경오염공정시험법 (해수편).
- APHA, AWWA, WPCF. 1993. Standard methods for the examination of water and waste water (18th ed.). APHA Washington, D.C. 1134pp.
- Bolter M. 1982. Submodels of a brackish water environment : II. Remineralization rates of carbohydrates and oxygen consumption by pelagic microheterotrophs. *Mar. Ecol.* 3: 233-241.
- Brock. TD. 1997. Microbial activities in nature. pp. 406-456. In *Biology of Microorganisms* (8th ed.). Prentice-Hall, Inc., Engle Wood Cliffs, New Jersey.
- Carberg, SR. 1972. International council for the exploration of the sea Charlortenland Denmark. pp. 305-315.
- Carlson CA and HW Ducklow. 1996. Growth of bacterio-plankton and consumption of dissolved organic carbon in the Sargasso Sea. *Aquat. Microbiol. Ecol.* 10:69-85.
- Cappuccino JG and N Sherman. 1987. *Microbiology a laboratory manual*. 2nd ed. The Benjamin/Cummings publishing company.
- Choi, JD. 1995. Distribution of marine bacteria and coliform group in Puksin Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.* 28(2): 202-208.
- Ishida, Y and H Kadoda. 1974. Ecological studies on bacteria in the sea and lake waters polluted with organic substance. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 40(10):999-1005.
- Kirchman DL and JH Rich. 1997. Regulation of bacterial growth by dissolved organic carbon and temperature in the Equatorial Pacific Ocean. *Microbiol. Ecol.* 33:11-20.
- Novitsky JA. 1983. Starvation-survival of heterotrophs in the marine environment. *Advances in Microbial Ecology*. 6: 171-198.
- Shin, SU, KO Cho, HI Kang and SK Kang. 1992. Studies on seasonal variation of the bacterial flora in sea-water of Kamak Bay. 1. On the pathogenic *Vibrio* and *Salmonella*. *Bul. Mar. Sci. Lnst. Yosul Natl. Fish. Univ.* 1:29-37.
- Simidu SU, E Kaneko and N Taga. 1977. Microbiological studies of Tokyo Bay. *Microbiol. Ecol.* 3:173-191.
- Strickland JDH and TR Parsons. 1972. A practical handbook of sea water analysis *Bull. Fish. Res. Bd. Con. No.* 167. Fisheries Reserch Borad of Canada, Qtawa. pp.1-311.
- Thingstad TF, A Hagastrom and F Rassoulzadegan. 1997. Accumulation of degradable DOC in surface waters: is it caused by a malfunctioning microbial loop. *Limnol. Oceanogr.* 42:398-404.
- Wimpenny JW, WLT Robert and C Philip. 1983. Laboratory model systems for the investigation of spatially and temporally organised microbial ecosystems. Cambridge Univ. Press. pp. 67-117.

Manuscript Received: August 20, 2007  
Revision Accepted: November 11, 2007  
Responsible Editor: Hojeong Kang